

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-030749

(43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl.

H01M 10/44
// B60R 16/04

(21)Application number : 10-195417

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB
INC

(22)Date of filing : 10.07.1998

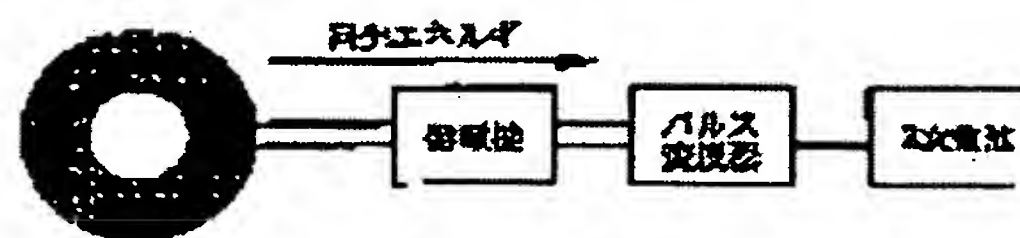
(72)Inventor : OKUDA NARUAKI
UKIYOU YOSHIO

(54) CHARGING METHOD FOR ON-VEHICLE SECONDARY BATTERY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase regeneration efficiency when kinetic energy at the time of deceleration of an electric vehicle is regenerated as electrical energy, by converting kinetic energy at the time of deceleration of the electric vehicle into direct-current or alternating-current power, converting the direct-current or alternating-current power into pulse power, and charging a battery with the pulse power obtained by the conversion.

SOLUTION: Conversion of kinetic energy at the time of deceleration of an electric vehicle into electrical energy is done by a generator. In the case of an EV(electric vehicle) and an HEV(hybrid electric vehicle), a motor for driving a vehicle has the same structure as a generator, supply of power to the motor is cut off at the time of deceleration, the motor is used as a generator, and power is generated by a braking force. Next, the power converted from kinetic energy is inverted into pulse-formed power by a pulse inverter. An inverter with switching elements, etc., is used as the pulse inverter. When a battery is charged with the pulse-formed power obtained by the inversion, a protection circuit is provided for overcharge prevention.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード (参考)
H01M 10/44		H01M 10/44	A 5H030
// B60R 16/04		B60R 16/04	S

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

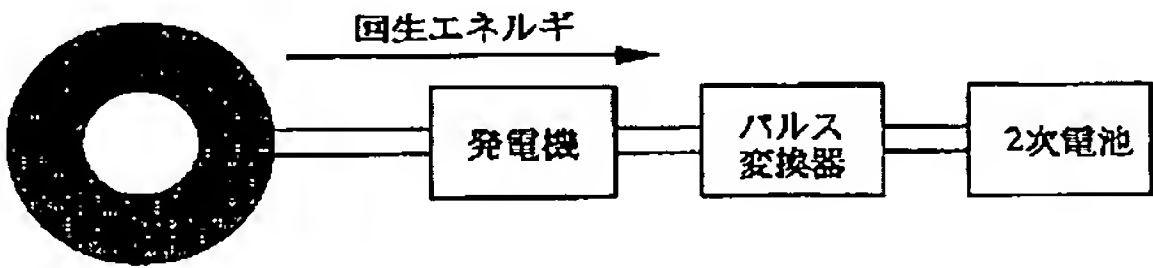
(21) 出願番号	特願平10－195417	(71) 出願人	000003609 株式会社豊田中央研究所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地 の1
(22) 出願日	平成10年 7 月10日 (1998. 7. 10)	(72) 発明者	奥田 匠昭 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地 の1 株式会社豊田中央研究所内
		(72) 発明者	右京 良雄 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地 の1 株式会社豊田中央研究所内
		(74) 代理人	100081776 弁理士 大川 宏
		F ターム (参考)	5H030 AA10 AS08 BB01 BB06 BB10 BB12

(54) 【発明の名称】 車両搭載用二次電池の充電方法

(57) 【要約】

【課題】 電気車両の減速時における運動エネルギーを、電気エネルギーとして二次電池に充電し回生させる場合において、回生効率を向上させる。

【解決手段】 減速時の車両の運動エネルギーを電気エネルギーに変換して回生させるための車両搭載用二次電池の充電方法であって、減速時の運動エネルギーを直流または交流の電力に変換し、該直流または交流の電力をパルス電力に変換し、変換されたパルス電力を二次電池に充電する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 減速時の車両の運動エネルギーを電気エネルギーに変換して回生させるための車両搭載用二次電池の充電方法であって、減速時の運動エネルギーを直流または交流の電力に変換する工程と、該直流または交流の電力をパルス電力に変換する工程と、変換された該パルス電力を二次電池に充電する工程とを有することを特徴とする車両搭載用二次電池の充電方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、減速時の車両の運動エネルギーを電気エネルギーに変換して回生させるための車両搭載用二次電池の充電方法、特に、回生効率の良好な充電方法に関する。

【0002】

【従来の技術】資源問題、環境問題から、電気自動車（EV）、ハイブリッド電気自動車（HEV）等の電気エネルギーによって走行する電気車両が脚光を浴びてきている。これら電気車両のエネルギー消費を削減する上で、重要な役割を果たしているのが回生ブレーキである。電気車両に用いられるモータは、発電機と同じ構造をしており、電流を流すとモータとして回転するが、逆に力をかけると発電する。回生ブレーキは、このような原理を用いて、電気車両が減速をする場合に、モータを発電機として使用し、ブレーキ力で発電し車両に搭載された二次電池に再充電する仕組みとなっている。

【0003】回生時に発電機より出力される電力は大きく、特に急激な制動時には非常に大きな密度の電流が二次電池に流れ込むこととなる。しかし、電池には内部抵抗が存在するため、密度の大きい電流で充電を行った場合、充電時の電池電圧が高くなり過ぎ、電池に対して容量低下等の悪影響を与えることになる。そこで、発電機と電池の間に保護回路を設け、過電圧となる場合には、電池への充電電流を遮断もしくは減少させ、余剰電力を別に設けた抵抗に消費させる等の手段を用いて、過電圧充電を防止している。

【0004】従来の充電方法は、発電機で発電された電力が直流であればそのまま、交流であれば整流して二次電池に出力していた。したがって、二次電池への入力電流波形は、回生されるエネルギーに応じてある程度一定の電流値を持つ連続的な形状となる。この様な電流で充電する場合、回生させようとするエネルギーが大きいときには、直ちに保護回路が作動することになり、電池へ供給される電力は大きく制限されるため、回生効率は非常に悪いものとなっていた。

【0005】一方、現在実用されている鉛蓄電池、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池等に代え、E

V、HEV等の電気車両に搭載される二次電池の次期主力として、エネルギー密度が大きいという特性から、リチウム二次電池が期待されている。ところがこのリチウム二次電池に充電させる場合は、上記回生効率の問題は特に深刻なものとなる。これは、リチウム二次電池に使用されている正極活物質および有機溶媒電解液のイオン伝導率、電気伝導率が小さいことに基づいて、電池の内部抵抗が大きいために、大きな電流密度で充電した場合に過電圧となりやすいためである。またマンガン系正極活物質を用いたリチウム二次電池は、平均放電電圧（約3.8V）と上限電圧（約4.2V）との差が小さいことも併せて、幅広いSOC領域において回生効率が悪いものとなる。さらにまた、大電流密度での充電を行った場合に、負極に金属リチウムのデンドライトが析出し、電極間が短絡する危険性をも持っている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、電気車両の減速時における運動エネルギーを、電気エネルギーとして二次電池に充電し回生させる際の回生効率の向上を課題とするものであり、特に、大電流密度での充電に難点のあるリチウム二次電池を車両搭載用二次電池として使用した場合において、回生時の充電効率を向上させることを課題としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者は、回生時に行われる大電流密度での充電を、パルスによって行うことで、エネルギーの回生効率が向上することに着目し、以下の発明に想到するに至った。本発明は、減速時の車両の運動エネルギーを電気エネルギーに変換して回生させるための車両搭載用二次電池の充電方法であって、減速時の運動エネルギーを直流または交流の電力に変換し、該直流または交流の電力をパルス電力に変換し、変換された該パルス電力を二次電池に充電することを特徴とするものである。

【0008】上述したように、車両搭載用二次電池を充電する場合、発電機と二次電池の間に保護回路を設けて、電池への充電電圧が過電圧となることを防止するのが一般的な充電方法である。従来の充電は、ある程度の一定な電流値をもつ連続的な直流で行っていたため、回生させようとするエネルギーが大きい場合、つまり大きな密度の電流が電池に流れた場合には、電池の内部抵抗に起因し、過電圧となって保護回路が直ちに作動する。そして、この大きな密度の電流が連続的に維持される場合は、保護回路が作動し続け、電池に供給される電力がかなり制限されるものとなっていた。

【0009】ところが、過大な電流が電池に入力された場合でも、短時間であれば充電が行われ、保護回路が作動する電圧に達するまでに、微少時間の遅れを生じる。したがって過大な電流が瞬時に流れたとしても、電圧が規定値に達する前に電流を減少させれば、保護回路は作

動しないことになる。また、過電圧となって保護回路が作動した場合でも、その直後に電流を減少させ回復を待ち、回復直後に再び大きな電流を流すようにすれば、保護回路の作動時間を短くすることができる。つまり瞬間的に大きなエネルギーであっても、この様な手段を採ることによって、そのエネルギーを有効に貯えることが可能となる。

【0010】したがって、本発明の二次電池の充電方法では、この現象を利用し、パルス電力、つまり間欠的な電流あるいは短時間に大電流と小電流とを交互に繰り返すような電流を用いて充電を行うことによって、エネルギーの回生効率が向上するものとなる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施形態について、リチウム二次電池を電源として搭載した電気自動車（EV）、ハイブリッド電気自動車（HEV）におけるこのリチウム二次電池への充電方法を例にとって説明する。本実施形態の概念を図1に示す。この図が示すように、本充電方法は、減速時の運動エネルギーを直流または交流の電力に変換する手段、変換された電力をさらにパルス電力に変換する手段、パルス電力により充電されるリチウム二次電池から構成されているため、本実施形態の説明もこの順に行う。なお本発明の充電方法は、リチウム二次電池についてのみ限定されるものでなく、また、電力で駆動する他の車両についても充分利用可能な充電方法である。

【0012】〈運動エネルギーの電力への変換〉減速時の車両の運動エネルギーを電気エネルギーつまり電力に変換させるのは発電機によって行う。EV、HEVの場合、車両を駆動させるモータは発電機と同じ構造をしており、減速時にはモータへの電力の供給を遮断し、モータを発電機として使用し、ブレーキ力によって発電させればよい。使用できるモータには、直巻式、分巻式等の直流モータ、誘導式、同期式等の交流モータ等がある。このモータの種類によって発電される電力は直流にも交流にもなりうる。なお、駆動用モータとは別に、オルタネータ等の発電機を装備させ、これによって発電して減速時の運動エネルギーを電力に変換することもできる。

【0013】〈パルス電力への変換〉運動エネルギーから変換された電力を、次に、パルス変換器によってパルス状の電力に変換する。このパルス変換器には、スイッチング素子等を有するインバータを用いることができる。変換される電流波形は、間欠的に一定方向に電流が流れるものであればよく、矩形波、ノコギリ波、正弦波、脈流波等いずれの波形であっても構わない。パルスの周波数およびパルスの1サイクルにおける電流が流れる時間と電流が流れない時間との比は、発電機から出力される電力量、電池のSOC（残存容量／満充電時の容量）等によって最適な値が存在するため、インバータによって可変とするのが望ましい。周波数の範囲は1Hz～10

0kHzとするのが好ましく、（電流が流れる時間）／（電流が流れない時間）の値の範囲は、0.5～0.9とするのが好ましい。

【0014】なお、これまでは、間欠的に電流が流れるようなパルスを前提としてきたが、大電流と小電流を繰り返すような波形、つまり最低電流値が0でない波形を持つパルスであっても構わない。その最低電流値がある程度小さいものであれば電池の充電効率の向上には効果を発揮するからである。上述したように変換されたパルス状の電力は、次に説明するリチウム二次電池に充電されるのであるが、充電時に過電圧となった場合に、電池が劣化損傷するのを防止するため、電池への電力の供給を制限する保護回路を設けるのが望ましい。リチウム二次電池では、充電電圧が約4.2Vを超えると後に説明する非水電解液の分解が開始することから、この保護回路の作動開始電圧は、約4.2Vとするのが好ましい。

【0015】〈リチウム二次電池〉リチウムイオンの吸蔵・放出現象を利用した二次電池である。放電電圧が高くエネルギー密度も大きいことから、電気自動車用二次電池として期待されている。リチウム二次電池は主に、リチウムイオンを吸蔵・放出できる活物質を有する正極および負極と、この正極と負極との間に挟装されるセパレータと、非水電解液とから構成される。

【0016】正極は、正極活物質に導電材および結着剤を混合し、必要に応じ適当な溶剤を加えて、ペースト状の正極合剤としたものを、金属箔製の集電体表面に塗布、乾燥し、その後プレスによって活物質密度を高めることによって形成する。正極活物質には、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 等のリチウム複合酸化物の粉末のうち、1種のをまたは2種以上のものを混合して用いることができる。これらのうちマンガン複合酸化物は、比較的安価であり、放電容量を大きくするため大量の正極活物質を使用しなければならないEV、HEV用電池に対して、好適な正極活物質となる。

【0017】正極に用いる導電材は、正極活物質層の電気伝導性を確保するためのものであり、カーボンブラック、アセチレンブラック、黒鉛等の炭素物質粉状体のうち1種のをまたは2種以上のものを混合して用いることができる。結着剤は、活物質粒子を繋ぎ止める役割を果たすもので、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン、フッ素ゴム等の含フッ素樹脂、ポリプロピレン、ポリエチレン等の熱可塑性樹脂を用いることができる。これら活物質、導電材、結着剤を分散させる溶剤としては、N-メチル-2-ピロリドン等の有機溶剤を用いることができる。そして正極集電体には、アルミニウム箔等を用いることができる。

【0018】負極は、金属リチウム、リチウム化合物、リチウム合金等を使用できるが、充放電の繰り返しの伴うデンドライトの析出という問題があるため、これらに代え、炭素材料を負極活物質とするのがよい。炭素材料

を負極活物質とする場合、負極は、炭素材料に結着剤を混合し、必要に応じて適当な溶剤を加えて、ペースト状の負極合剤としたものを、正極同様、金属箔製の集電体表面に塗布、乾燥し、その後プレスによって活物質密度を高めることによって形成する。炭素材料は、黒鉛、フェノール樹脂等の有機化合物焼成体、コークス等の粉状体を用いることができる。

【0019】正極同様、結着剤としてはポリフッ化ビニリデン等の含フッ素樹脂等を、溶剤としてはN-メチル-2-ピロリドン等の有機溶剤を用いることができるが、これらの材料に代えて、結着剤としてメチルセルロース、カルボキシメチルセルロース等のグルーブから選ばれる1種又は2種以上のセルロースエーテル系物質とスチレンブタジエンゴムラテックス、カルボキシ変性スチレンブタジエンゴムラテックス等の合成ゴム系ラテックス型接着剤との複合バインダを用い、溶媒として水を用いることもできる。

【0020】正極と負極の間に挟装されるセパレータは、正極と負極とを分離し電解液を保持するものであり、ポリエチレン、ポリプロピレン等の薄い微多孔膜を用いることができる。また非水電解液は、有機溶媒に電解質を溶解させたもので、有機溶媒としては、非プロトン性有機溶媒、例えばエチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、γ-ブチロラクトン、アセトニトリル、ジメトキシエタン、テトラヒドロフラン、ジオキソラン、塩化メチレン等の1種またはこれらの2種以上の混合液を用いることができる。また、溶解させる電解質としては、 LiI 、 LiClO_4 、 LiAsF_6 、 LiBF_4 、 LiPF_6 等を用いることができる。

【0021】以上のもので構成される本実施形態のリチウム二次電池であるが、その形状は円筒型、積層型等、種々のものとすることができる。いずれの形状を採る場合であっても、正極および負極にセパレータを挟装させ電極体とし、正極集電体および負極集電体から外部に通ずる正極端子および負極端子までの間を集電用リード等を用いて接続し、この電極体を非水電解液とともに電池ケースに密閉して形成する。EV、HEV用の二次電池の場合、携帯電話、パソコン等の電子機器に用いられるものと異なり、放電容量を相当大きなものとしなければならないため、通常、複数の電池を接続させて組電池として用いるのが望ましい。

【0022】

【実施例】マンガン複合酸化物を正極活物質に用いたリチウム二次電池を実際に作製し、この二次電池を用いて、大電流密度下、定電流で充電を行った場合と、パルス電流によって充電を行った場合との充電効率の比較試験を行い、パルス充電が大電流密度での充電効率に優れていることを確認した。以下に、この結果を実施例として説明する。説明は、作製したリチウム二次電池の構

成、この二次電池の充電時および放電時のパワー密度、定電流充電とパルス充電との充電効率の比較の順に行う。

【0023】〈作製したリチウム二次電池の構成〉本リチウム二次電池は、正極活物質として、スピネル構造の LiMn_2O_4 を使用した。この LiMn_2O_4 86重量部に、導電材として球状黒鉛7重量部、結着剤としてポリフッ化ビニリデン7重量部を混合し、溶剤としてN-メチル-2-ピロリドンを適量加え正極合剤とした。この正極合剤を厚さ $20\mu\text{m}$ のアルミニウム箔製集電体の両面に、片面あたり $80\mu\text{m}$ の厚さで塗布し、これを乾燥後、ロールプレスにて片面あたり $40\mu\text{m}$ の厚さまで密度を高め正極を形成させた。なおこの正極の面積は、 486cm^2 とした。

【0024】負極活物質には人造黒鉛を用いた。この人造黒鉛95重量部に、結着剤としてポリフッ化ビニリデン5重量部を混合し、溶剤としてN-メチル-2-ピロリドンを適量加え負極合剤とした。この負極合剤を厚さ $20\mu\text{m}$ の銅箔製集電体の両面に、片面あたり $80\mu\text{m}$ の厚さで塗布し、これを乾燥後、ロールプレスにて片面あたり $40\mu\text{m}$ の厚さまで密度を高め負極を形成させた。なおこの負極の面積は、 500cm^2 とした。

【0025】この正極および負極をセパレータを介して巻回し電極体を形成させ、この電極体を円筒型の電池ケースに非水電解液とともに密封して電池を作製した。セパレータには、厚さ $25\mu\text{m}$ のポリエチレンシートを用い、非水電解液には、エチレンカーボネートとジエチルカーボネートとを体積比1:1に混合した混合溶媒に、電解質として LiPF_6 を溶解させて、濃度を1Mに調整したものを使用した。

【0026】〈本リチウム二次電池の充放電パワー密度〉本リチウム二次電池は、電池電圧が3.0~4.2Vで安定した充放電が可能であったため、この範囲を通常使用電圧範囲とすることができる。リチウム二次電池は、平均放電電圧(約3.8V)と上限電圧(約4.2V)との差が、平均放電電圧と下限電圧(約3.0V)との差よりも小さいことから、高電流密度下では、放電に比べ充電のほうが効率が悪いとされている。本電池の特性が、このリチウム二次電池の一般的特性に従うものであることを確認すべく、本電池の放電パワー密度および充電パワー密度を調べ考察を行った。

【0027】放電パワー密度は、各SOCに対して、電流を変化させて放電を行ったときの10秒後の電圧 V_0 の変化を測定し、 V_0 が3.0Vになるであろう電流値 A_0 を外挿することによって求め、次式、
放電パワー密度 $=A_0 \times 3.0 / \text{電池重量}$
から算出した。

【0028】また、充電パワー密度は、各SOCに対して電流を変化させて充電を行ったときの10秒後の電圧 V_c の変化を測定し、 V_c が4.2Vになるであろう電流

値 A_c を外挿することによって求め、次式、
 充電パワー密度 = $A_c \times 4.2 / \text{電池重量}$
 から算出した。

【0029】したがって、この放電パワー密度が大きい程、10秒程度の短時間における高電流密度での放電性能に優れ、充電パワー密度が大きい程、高電流密度での充電性能に優れているといえる。これを、EVおよびHEVに搭載される二次電池としての性能に当てはめると、放電パワー密度の良好な電池程、車両の加速性能を良好なものとするができる電池となり、また、充電

パワー密度の良好な電池程、減速時の車両の運動エネルギーを電気エネルギーとして効率的に回生させることのできる電池となる。
 【0030】本二次電池の各SOCに対する放電パワー密度を図2に、充電パワー密度を図3に示す。これらの図が示すように本リチウム二次電池は、放電パワー密度においては優れているものの、充電パワー密度はあまりよくないことが確かめられた。特に残存容量が大きい状態では、充電パワー密度がかなり小さいことが確認できた。したがって、本リチウム二次電池を車両に搭載さ

せ、従来の充電方法、つまりある程度一定の電流値を持つ連続的な直流で充電を行った場合、大きな電流密度では回生効率が悪いことが推測できる。
 【0031】〈直流充電とパルス充電との充電効率の比較〉本発明の充電方法では、回生効率を高めるために、パルス電力にて充電を行う。この充電方法をシミュレー

トすべく、上記リチウム二次電池にパルス充電を行い、従来の充電方法をシミュレートした直流による定電流充電との間で、充電効率を比較する試験を行った。

【0032】直流による定電流充電は、時間率放電での放電電流をCとしたときの、12Cに相当する電流で行い、パルス充電は、図4に示すような矩形波、つまり、2mSの間12C相当の電流が流れ、その後2mSの間電流が流れないという状態を1サイクルとして、このサイクルが繰り返されるような電流波形を持つパルスによって行った。充電開始時のSOCは、両充電方法とも50%の状態とした。なお、試験は25℃の温度の下で行い、直流およびパルス電源と、本リチウム二次電池との間には、電池電圧が4.2Vを超えた場合に二次電池への電力の供給を遮断する保護回路を設けた。

【0033】実際の自動車の1回の減速時間は3～30秒程度と想定されるため、本試験では、充電量の比較が容易となることを考え、両充電方法とも30秒間の充電を行った。この30秒の充電を1分間隔で5回行った後、1Cに相当する定電流で3.0Vの終止電圧まで放電させて放電容量を測定した。それぞれの充電方法で充電した場合の放電容量から、予め測定しておいたSOCが50%のときの放電容量を減じて、それぞれの充電方法によって充電された電気量を算出した。この結果を表1に示す。

【0034】

【表1】

	放電容量 (mAh)	充電電気量 (mAh)
SOC 50%時	250	—
直流定電流充電後	275	25
パルス充電後	300	50

この表に示した結果からわかるように、従来の直流による定電流充電方法で充電した場合の電気量が25mAhであるのに対して、本発明のパルスによる充電方法によって充電した場合の電気量が50mAhであり、本発明の充電方法が200%も充電できるものであることがわかった。このことから、二次電池をEV、HEV等の電気車両に搭載させて減速時の車両の運動エネルギーを回生させる場合、本発明のパルス電力による二次電池の充電方法が、回生効率において優れているものであることが実証できた。

【0035】

【発明の効果】本発明は、減速時の車両の運動エネルギーを電気エネルギーに換えて二次電池に回生させる場合に、この二次電池へパルス充電行うものであり、このような

充電方法を採用することにより、回生効率が向上するという効果が得られる。また、車両搭載用二次電池の次期主力と期待されるリチウム二次電池の場合にあっては、充電パワー密度が悪いというこの電池の欠点を補うことのできる有効な充電方法となる。

【図面の簡単な説明】

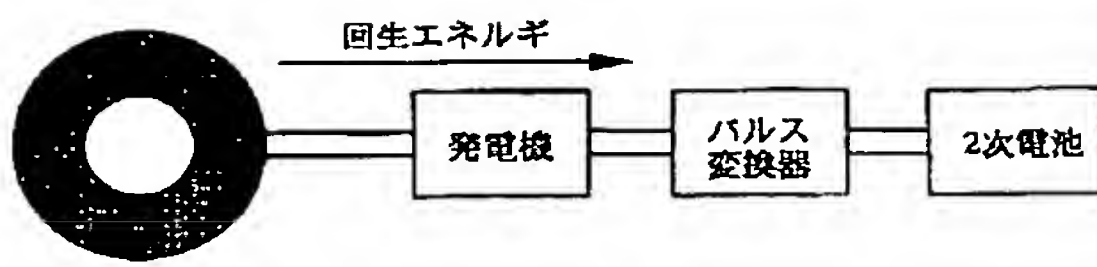
【図1】 本発明の充電方法の実施形態の概念を示す図

【図2】 実施例のリチウム二次電池の放電パワー密度を示す図

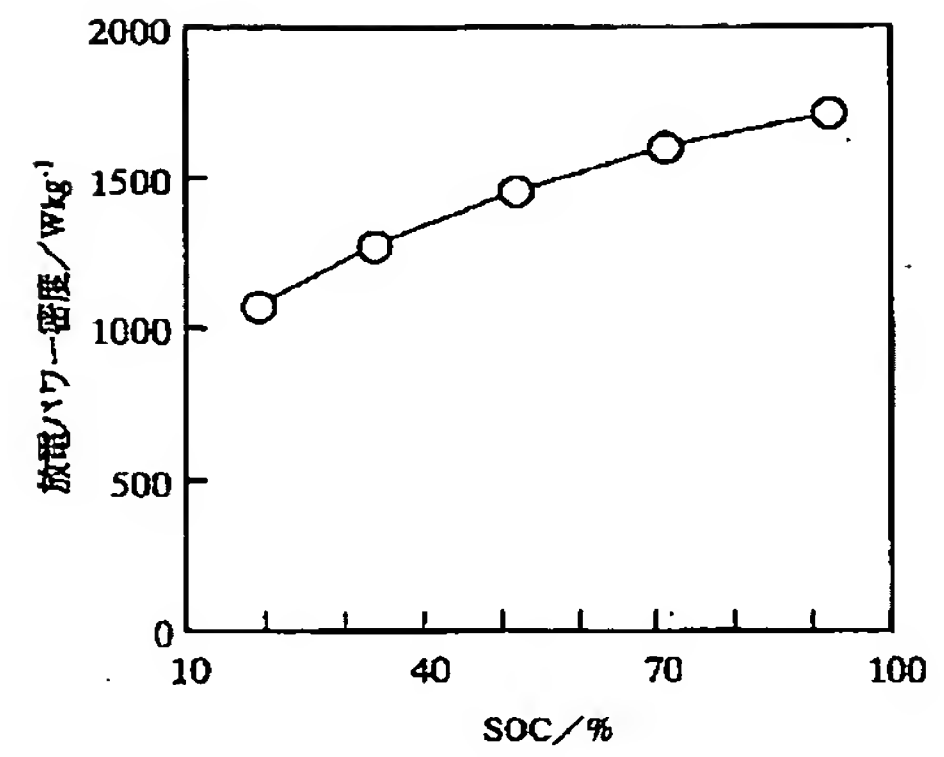
【図3】 実施例のリチウム二次電池の充電パワー密度を示す図

【図4】 充電効率比較試験におけるパルス充電の電流波形を示す図

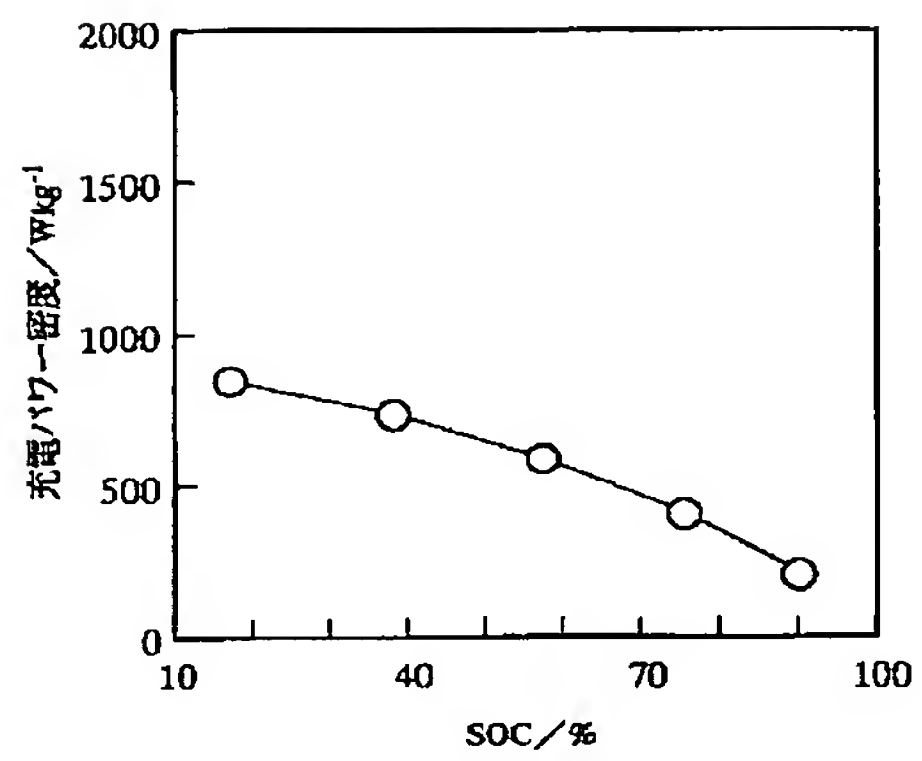
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

